

ARRANGEMENT OF ROENTGEN-RAY DETECTOR

Patent number: JP58143285
Publication date: 1983-08-25
Inventor: JIYOOJI II ARUKOON; PATORITSUKU EE GURANTO; JIYON DABURIYUU
JIYAKUSON JIYU; FURANSHISU II MAASHIYARU
Applicant: US GOVERNMENT
Classification:
- international: G01T1/29; H01L31/115; G01T1/00; H01L31/115; (IPC1-7): G01N23/04; G01T1/185;
H01J47/02
- european: G01T1/29D1C; H01L31/115
Application number: JP19820207781 19821129
Priority number(s): US19820350477 19820219

[View INPADOC patent family](#)

Also Published : EP0086928 (A1);US4472728 (A1);EP0086928 (B1);IE822813L (L);IE53722 (B)

Abstract not available for JP58143285

Abstract of corresponding document: **US4472728**

An X-ray spectrometer for providing imaging and energy resolution of an X-ray source comprised of a thick silicon wafer (10) having an embedded matrix or grid of aluminum completely through the wafer fabricated, for example, by thermal migration. The aluminum matrix defines the walls (16, 18) of a rectangular array of silicon X-ray detector cells (14) or "pixels". A thermally diffused aluminum electrode (20) is also formed centrally through each of the silicon cells (14) with biasing means (22, 26, 28) being connected to the aluminum cell walls (16, 18) and the centralized aluminum electrode (20) for causing lateral charge carrier depletion between the cell walls so that incident X-ray energy causes a photo-electric reaction within the silicon producing collectible charge carriers in the form of electrons which are collected and used for imaging.

Claims of corresponding document: **US4472728**

We claim:

1. A detector array for providing imaging and energy resolution, comprising: a body (10) of semiconductor material having a plurality of embedded interconnected boundaries (16, 18) of metallization extending completely through the body thickness of said semiconductor material and forming a grid to define the walls of an array of discrete detector cells (14), each of said cells having a centralized electrode (20) of metallization formed in said semiconductor material extending completely through said body thickness to provide a deep diode type of array, and means (22, 26, 28) coupled to said boundaries and electrodes for applying bias potentials operative to laterally create depletion regions between said cell walls whereby collectable charge carriers are formed in response to electromagnetic energy impinging thereon.

2. The detector array as defined by claim 1 wherein said means (22, 26, 28) for applying bias potential includes: means (22) for applying a forward bias to said cell walls and means (26, 28) for applying a reverse bias to said

BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

⑯ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—143285

⑤ Int. Cl.³
G 01 T 1/185
G 01 N 23/04
H 01 J 47/02

識別記号
2122—2G
2122—2G
6680—5C

④ 公開 昭和58年(1983)8月25日
発明の数 1
審査請求 未請求
(全 5 頁)

⑩ X線検出器配列

- ⑪ 特 願 昭57—207781
⑪ 出 願 昭57(1982)11月29日
優先権主張 ⑩1982年2月19日⑩米国(US)
⑩350477
⑫ 発明者 ジョージ・イー・アルコーン
アメリカ合衆国バージニア・グ
レード・バンク・ウェイ・レス
トン2363
⑫ 発明者 パトリック・エー・グラント
アメリカ合衆国ユタ84057イー
スト・オーレン・サウス175 2

24

- ⑫ 発明者 ジヨン・ダブリュウ・ジャクソン・ジュニア
アメリカ合衆国メリーランド・
マウント・レイナー・アルンデル・ロード2709
⑫ 発明者 フランシス・イー・マーシヤル
アメリカ合衆国メリーランド20
706ランハム・ブレー・ブローグ・ドライブ8748
⑪ 出 願人 アメリカ合衆国
⑪ 代 理 人 弁理士 佐々木清隆 外3名

明細書

1. 発明の名称

X線検出器配列

2. 特許請求の範囲

1) 消耗されたとき、投射X線と相互作用して予め決められた型の収集可能な電荷キャリアを与える予め決められた半導体特性を有した半導体材料からなる比較的厚い本体(10)と、前記本体で別々のX線検出セル(14)の配列の壁を形成するため本体の厚さを通して金属化した複数の埋設境界層(16,18)を有するものと、前記セルの各々が付加的に深いダイオード型の配列を与えるため前記本体の厚みを通して形成された金属化の中央電極(20)を有するものと、前記セル壁間に消耗領域を創成するよう作用しこれによつて収集可能な電荷キャリアがその上に衝突するX線エネルギーに応答して形成されるようするため、バイアス電位を与えるために、前記境界層と中央電極とに接続される手段(22,26,28)とから構成されることを特徴とする映像およびエネルギー分解能を与えるた

めのX線検出器配列。

2) 前記本体の半導体材料がシリコンで構成され、前記埋設された境界層の金属化がアルミニウムで構成され、この埋設された境界層が熱的に移動されるアルミニウム境界層から構成されることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のX線検出器配列。

3) 前記埋設された境界層が一般に矩形のマトリックスをなす検知器セルを形成することを特徴とする特許請求の範囲第2項に記載のX線検出器配列。

4) 各セルの前記中央に配置された電極が熱的に移動されるアルミニウム電極から構成されることを特徴とする特許請求の範囲第2項または第3項のいずれか1項に記載のX線検出器配列。

5) 前記セル壁に前方バイアスを与えるための手段(22)と、各セル内の中央電極に逆バイアスを与えるための手段(26,28)を前記バイアス電位を与えるための手段を有し、これによつて、自由電子がX線光電子のシリコン本体との相互作用の結

(1)

(2)

果として発生され、これらはその中で相互作用が生じている同じセル内で収集であることを特徴とする特許請求の範囲第2項、第3項または第4項のいずれか1項に記載のX線検知器配列。

6) 投射X線と相互作用するため、シリコンの本体が、投射X線エネルギーの第3の力として変化する厚さを有したウエハースから構成されていることを特徴とする先に記載された特許請求の範囲の任意の1項記載のX線検出器配列。

7) シリコン本体が、0.5乃至3Kevの間の範囲でのX線エネルギーに対するシリコンの体積においてX線光電子相互作用を保障するため予め決められた寸法の厚味を有していることを特徴とする先に記載された特許請求の範囲の任意の1項記載のX線検出器配列。

8) シリコン本体が、0.5乃至30Kevの範囲でX線エネルギーに作動し応答するため、実質的に50ミル以上の厚さを有することを特徴とする先に記載された特許請求の範囲の任意の1項記載のX線検出器配列。

(3)

比較的厚い厚さをもつシリコンが要求される。その結果、CCD装置には有効でない不正確な検知が生ずる。というのは、それらの装置が、1Kev以上のX線に対して備えられたシリコン厚さにおいて光電効果が発生することを保障するために、シリコンの充分大きな体積の消耗を与えることができないからである。この欠点は、X線と反応するために要求されるシリコンの厚さがX線エネルギーの第3の力として変化するので、より高いエネルギーのX線に対してなお一層きわだつ。また、CCD装置は焦点特性を持たないし、その収集率は立体角の関数であり、検知素子は光電相互作用領域と向い合っている。

一方、リチウムドリフト検知器は良好なエネルギー分解能をするものの、空間的分解能を何ら示さない。したがつて、映像作用は実行されることはない。更に、最良のリチウムドリフト検知器はシリコンまたはゲルマニウムから作られ、操作上に留めておくため非常に低い温度(100°Kの桁数)に維持される必要がある。また、数キロボル

(5)

3. 発明の詳細な説明

この発明は、一般にX線検出器に関し、特にX線源の写像およびエネルギー分解能を備えるためのソリッドステートのX線分光計に関する。

X線源の分析を与える公知の装置は代表的にシリコン電荷結合装置(CCD)またはリチウムドリフト検知器のいづれかを使用する。シリコンCCDは写像およびエネルギー分解能を提供するが、しかし1Kevよりも小さいエネルギーに対してのみである。消耗領域、即ちX線によって形成される電子流を減少することに向けられる自由孔が何も存在しない領域は、X線から解放された電子が収集される前にそれらの電子の再結合を防止することが要求される。これらの消耗領域は比較的浅く、シリコンに対して5マイクロメータの桁数であり、CCD装置に固有の制限された内部電圧のためである。また消耗は投射X線エネルギーに平行な方向に発生する。僅か数ミクロンのシリコンが消耗されるのに、それでも拘らず、1乃至30Kevの範囲においてX線を停止して検知するためには、

(4)

トの桁数の操作電圧が要求される。

要約すれば、電流技術は、高い空間的分解能を提供するが貧弱なエネルギー分解能を有するものか、または良好なエネルギー分解能を提供するが空間的分解能を何ら持たないもののいづれかであつた。

この発明によれば、映像高エネルギー検知器は、殆んど消耗された厚い半導体ウエハース内に作られる、別々の隣接した深いダイオードセル即ち“ピクセル”的配列を有する。各ダイオードはウエハースの反対側表面間に延びる垂直方向に拡散された中央金属電極を有する。垂直方向に熱移動される金属からなる直角状の垂直格子は、隣り合つたピクセルを分離する共通壁を構成する。中央電極および直角状格子を横切つてバイアス電位を与えると、各ピクセルに、ウエハースを垂直に貫通して延びると共に中央電極と格子壁間を水平に延びる消耗領域を生ずる。各ピクセルの消耗は、したがつて、ウエハースの厚みに依存されることなく、それ故、光放出キャリア収集において、

(6)

高い効率を保障する。

このX線検出器配列は、光学的装置の焦点面内に配置することができる。X線映像に関するエネルギーおよび空間的分解能は、検出器配列の各中央電極を充電結合装置映像処理装置に接続することによって得られるであろう。

以下添付図面を参照しつつ本明細書を詳細に説明する。

さて特に第1図を参照して、X線検出器は例えばシリコンのウエハースのような高い抵抗率(例えれば、 ~ 2000 オーム・センチメートル、 $\sim 10^{14}$ ドナー/ cm^3)をもつ半導体材料からなる比較的厚い本体10で作られる。照明された半導体表面に直角に投射するX線による半導体材料内への進入深さは、投射X線エネルギーの3乗に比例する。ウエハース10の厚みは、それ故、高エネルギーX線による光電子発生を保障するために投射X線の予定された侵入深さよりも幾分大きくなければならない。例えば、1乃至30キロ電子ボルトの範囲にあるX線に対して、ウエハース10

(7)

を形成する。

直角をなす2つの金属壁16および18と中央電極20は、例えば熱移動プロセス内でシリコン中におけるアルミニウムまたはガリウム砒化物中におけるガリウムのような金属の温度勾配処理による拡散によつて形成され得る。かかる工程において、複数の壁16、18と電極20の水平表面を形成する諸開口は、ウエハース10の一方の表面上に覆いを形成するために光抵抗の層に食刻される。そこでウエハース10は真空室内で、例えば1200°C代の高い温度まで加熱され得る。マスクされた表面と反対側のウエハース10の表面は室温に維持され、一方マスクされた表面は僅かに低い温度例えは1150°Cまで冷却されて、ウエハースを横切る温度勾配を形成する。加熱されたウエハースの冷却表面上の食刻された大きさの開口内に堆積される金属は温度勾配によつて迅速に処理され、ウエハースを垂直に完全に通じて反対側の表面まで拡張される。このウエハースは冷却され、室から取外されることができる。ウエハ

(9)

の厚さは50ミルの桁数であるであろう。シリコンウエハース10は矩形の格子即ちマトリックスをなす複数の検知セル(ピクセル)14に形成され、その9個が図示されており、X線像の空間的映像とエネルギー分解能を与える。格子は垂直に熱的移動される直角状の金属壁16および18によつて形成され、これらの金属壁はウエハース10の厚さ全体にわたつて延びている。ピクセル類は好ましくはお互いにそれらの水平面を横切つて一般に直角断面を有して同一に作られる。各ピクセルはその中央にウエハース10の厚さ全体を通じ反対に位置する両表面間に延びる拡散型金属電極20が配置される。各中央電極20の断面寸法はピクセルの断面積に比較して相対的に小さく作られ、したがつてX線が中央電極に直接衝突する可能性を最小にする。X線映像の空間的分解能を高めるため、各セルの水平断面積もまた小さく作られ、隣り合うピクセルの中央電極間の中心から中心までの距離は1ミリメートルの桁数である。分解能形態はX線検知ピクセルからなる矩形格子

(8)

ース10の全厚さを通じた迅速な温度勾配処理拡散は、側方拡散のための時間を殆んど残さない。それ故、壁16、18の側面と電極20は本質的にウエハース10の水平面に垂直である。それ故、中央電極20と壁16、18の格子を横切るバイアス電位の適用によつて、中央電極20から隣接する各セルの壁まで延びる消耗領域が生成されるであろう。この形態によれば、ウエハース10の厚みよりも少ない侵入深さでウエハース10に衝突する投射X線が、光電子のウエハース材との相互作用を促進するであろう。その相互作用がピクセル内で発生する場所がどこであろうとも、結果的に生ずる光電子は中央電極に引寄せられるであろうし、これにより投射X線の検知のため基礎が与えられる。

実際に第1図に示された検知セルの配列は側壁16および18と中央電極柱20により形成される電極が半導体材料を完全に通して延びると共にウエハース10の反対側両表面で終つてるので、"深いダイオード(deep diode)"を構成してい

(10)

る。しかしながら、第1図に示された配列について重要なことは、セル壁16および18に係る前方バイアス、中央電極20に係る後方バイアスの適用によつて、消耗（電子流を減少する傾向をもつ自由孔の欠乏）が、配列の面への任意のX線エネルギー投射方向に垂直に、50ミル厚のウエハース全体を通した中央電極と壁の間で横方向に起つ。この事は、消耗が投射X線エネルギーと平行な方向に起つ從来公知の装置とは対照的である。これは、上記したように、代表的にはんの僅か5μmのシリコンを消費するだけで、エネルギー分解能と高エネルギーにおける効率を減少するCCD X線に関しては特に当てはまる。

要求されたバイアス電位を与えると共に、投射X線エネルギーの結果として各セルに与えられたX線光電子相互作用からもたらされる各々の検知セル14から電子を収集するために、第1図の配列は、第2図に詳細に示されている複数の結合パッドと金属の相互結合の配置を有している。さて第2図を参照して配列の左側にある外側垂直壁

(11)

において、開示された半導体配列で確実に検知できる。なぜなら、ウエハース10の比較的大きな厚さと各ピクセルの殆んどさえぎられていない断面領域が、そのエネルギー範囲内の各投射X線による光電子の発生の可能性を増大するからである。各ピクセル内のあらゆる点への中央電極の近接によつて、バイアス電位の適用に基づいた消耗領域が各々のピクセルを通じて延びることが保障されると共に、光電子が中央電極に引き寄せられ収集されることが保障され、従つて、高い収集効率が確立されるのを保障する。この構造のものは、光電子がX線の衝突する同じピクセル内に収集されるので、例えば電荷結合装置（charge coupled device）のような映像処理装置と一緒に使用に特に適合する。もしも検出配列の一表面が例えば望遠鏡のような光学的装置の焦点面に置かれ、X線放射物によつて照射されると、この配列の構造は、各X線が衝突するピクセルと結果として生ずる光電子を収集するピクセルの中央電極との間で1対1の空間的一致を与えるであろう。収集された光

(13)

18は直角状の結合パッド22を有し、これに対しても、図示されてない電源から全ての水平側壁16および垂直側壁18に前方バイアス電位V₁を与えるために適用される回路導線24が取付けられる。各中央柱状電極20は、側壁16または18の一方外側に延びる金属化された相互接続素子28を介して各外方結合パッド26に接続される。第2図に示された例えれば中央部のセルのような、内部セルの場合には、セルの外周辺にまで届く要求された延長部を形成するために、第2の相互接続部材30が使用される。逆バイアス電位V₂は通常電源（図示略）から回路導線32により全ての結合パッド26に接続される。逆バイアス用電位V₂を適用するための導線32に加えて、各結合パッド26は別個に出力導線34を有し、この導線34はX線光-電子相互作用の結果として発生された電子を、図示されていない外部映像装置へ接続するために適用される。

より高位のエネルギーをもつX線は、光電効果が高い、即ち、例えば0.5乃至30Kevの間の範

(12)

電子の数は、投射X線のエネルギーおよび強さを表わし、その理由は、投射X線のエネルギーが収集される1電子につき3.6エレクトロンボルトの係数をもつ電子数の発生に等しいからである。各ピクセル14の中央電極20は、例えれば電荷結合装置映像処理装置の別の素子に接続させても差しきなく、これによつて、映像処理装置が各々のピクセルを連続的に読み取り、検知器配列の照明された表面に目的物が表わされたときこの観察された目的物の合成像を発生することが可能とされる。各中央電極からの電子流は映像処理装置に観察された目的物からのX線の空間的およびエネルギーの両分解能を与えるであろう。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、この発明の実施例を例示しているX線検知器配列に関し、部分的に断面で表わした透視図である。

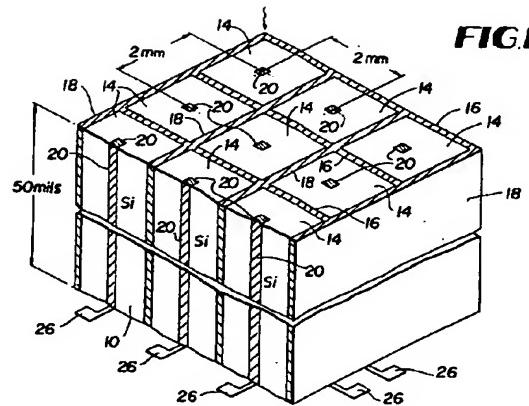
第2図は、第1図に示された実施例の底面図で、検知セルのマトリックスと中央化された内側電極に対する各外部接続手段を例示している。

(14)

BEST AVAILABLE COPY

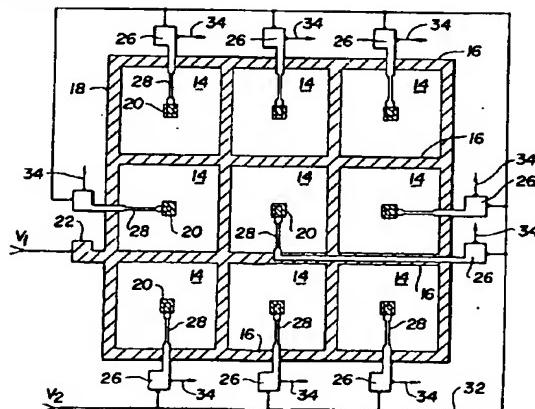
特開昭58-143285(5)

(図中符号) 10…シリコンウエハース、
14…検知セル(ピクセル)、16, 18…金属壁、
20…中央電極、22…結合パット、24…回路
導線、26…外方結合パット、28…相互接続素
子、30…相互接続素子、32…回路導線、
34…出力導線。



代理人弁理士(8107)佐々木清隆
(ほか3名)

FIG.2



(15)